

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-349365

(43)Date of publication of application : 09.12.2004

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065

(21)Application number : 2003-142894

(71)Applicant : JAPAN SCIENCE & TECHNOLOGY
AGENCY

(22)Date of filing : 21.05.2003

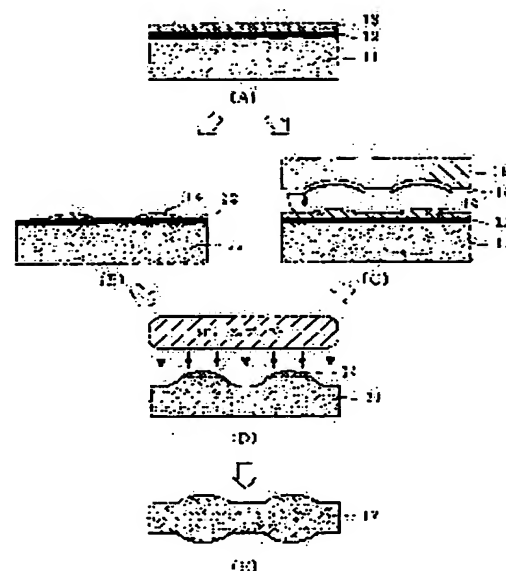
(72)Inventor : ABE TAKASHI
RI REI
ESASHI MASAKI

(54) WORKING METHOD OF PIEZOELECTRIC MATERIAL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a piezoelectric element of high precision and high quality by working piezoelectric material in a prescribed three dimensional shape without introducing defect.

SOLUTION: After arranging a mask 14 which has prescribed thickness distribution on a piezoelectric material substrate 11, working is performed in the target three dimensional shape by dry etching using working speed difference between the piezoelectric material substrate 11 and the mask 14. Thickness distribution of the mask 14 is adjusted by reflow, contact bonding using a precision version 15, etc. The piezoelectric material substrate 11 can be also worked in a three dimensional shape wherein thickness distribution of the mask 14 is amplified by adjustment of gas composition used for the dry etching.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.05.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-349365

(P2004-349365A)

(43) 公開日 平成16年12月9日(2004.12.9)

(51) Int. Cl.⁷
H01L 21/3065F1
H01L 21/302 105Aテーマコード(参考)
5F004

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2003-142894(P2003-142894)
(22) 出願日 平成15年5月21日(2003.5.21)(71) 出願人 503360115
独立行政法人 科学技術振興機構
埼玉県川口市本町4丁目1番8号
(74) 代理人 100092392
弁理士 小倉 亘
(72) 発明者 安部 隆
宮城県仙台市青葉区川内蔵橋通12-47
ロイヤルヒルズ広瀬川501
(72) 発明者 李 麗
宮城県仙台市青葉区三条町19-1 国際
交流会館
(72) 発明者 江刺 正喜
宮城県仙台市太白区八木山南一丁目11-9

最終頁に続く

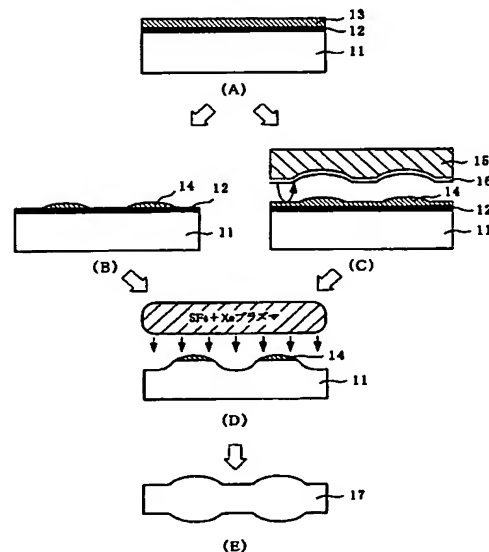
(54) 【発明の名称】 圧電材料の加工方法

(57) 【要約】

【課題】 欠陥を導入することなく圧電材料を所定の三次元形状に加工し、高精度、高品質の圧電素子を得る。

【解決手段】 圧電材料基板11上に所定の膜厚分布をもつマスク14を設けた後、圧電材料基板11、マスク14の加工速度差を利用したドライエッチングにより目標三次元形状に加工する。マスク14の膜厚分布は、リフロー、精密型15を用いた圧着等によって調整される。ドライエッチングに使用するガス組成の調整によっても、マスク14の膜厚分布を増幅させた三次元形状に圧電材料基板11を加工できる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マスクを所定の膜厚分布で圧電材料の被加工面に設け、圧電材料及びマスクをドライエッチングすることにより圧電材料の表面をマスクの膜厚分布を反映した三次元形状に加工することを特徴とする圧電材料の加工方法。

【請求項 2】

加工速度比を増幅させる薄膜を圧電材料／マスクの界面に介在させてドライエッチングする請求項 1 記載の加工方法。

【請求項 3】

圧電材料の表面にパターンニングされたマスク材料を加熱溶解することにより所定の膜厚分布を付与する請求項 1 記載の加工方法。

【請求項 4】

圧電材料の表面に塗布されたマスク材料に精密型を圧着することにより所定の膜厚分布を付与する請求項 1 記載の加工方法。

【請求項 5】

反応性の低いガスを用いたドライエッチングでマスクに所定の膜厚分布を付与した後、圧電材料に対する選択反応性の高いガスを用いたドライエッチングに切り替える請求項 1 ～ 4 何れかに記載の加工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、水晶、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）、LiNbO₃等の圧電材料を任意形状に加工し、超音波振動の制御、振動特性の改善を可能にした加工方法に関する。

【背景技術】

【0002】

圧電素子は基準周波数の発振源、電子電気機器用クロック等、広範な分野で使用されており、情報処理・伝達能力を高性能化するための薄型化や高品質化のためのレンズ形状への加工法に関する研究・開発が進められている。

電極直径が数mm以上の大型振動子では、湿式エッチング後で整形した凸部の端面を機械研磨等で曲面に加工する方法が採用されている。電極直径1mm以下の小型振動子では、凹面加工により支持損失を低減した高品質の振動子を製作している。凹面加工の一形態として、最終目標に近いプロフィールに成形した後でドライエッチングする方法も紹介されている（特許文献1）。

【特許文献1】特開2002-368572号公報

【0003】

機械研磨では、定盤に取り付けた研磨布で圧電材料の表面を研磨しているが、圧電材料の結晶にダメージを与えやすい。また、研磨台に配置した小さな振動子全てを目標形状に仕上げることは不可能であり、形状の自由度も低い。凹面加工では、薄層化による高周波化、支持損失の低減による高いQ値を得やすいが、三次元形状への加工が困難なため振動子中央部に大きな質量を分布させ難い。その結果、質量負荷に対して振動が不安定になりやすい。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、このような問題を解消すべく案出されたものであり、目標形状に対応する膜厚分布をもつマスクを圧電材料（被加工材）の表面に設けた後でドライエッチングすることにより、大面積への対応、超小型化、集積化、加工自由度の全てに優れ、高精度で三次元形状に加工された圧電材料を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

10

20

30

40

50

本発明に従った加工方法では、圧電材料に比較して加工速度が異なるマスク材料から成膜されたマスクを圧電材料の被加工面に設ける。パターンニングされたマスク材料の加熱溶融、精密型の圧着等により、マスクに所定の膜厚分布を付与する。マスクの形成に先立って、加工速度比を増幅させる薄膜を圧電材料／マスクの界面に介在させても良い。

マスクが設けられた圧電材料をドライエッチングすると、マスクの膜厚分布に倣った形状に圧電材料が加工される。ドライエッチングの初期に選択反応性の低いガス組成を使用してマスク、圧電材料の表面層をエッチング除去した後、圧電材料に対する選択反応性の高いガス組成に切り替えると、マスクの膜厚分布が増幅された三次元形状に圧電材料が加工される。

【発明の効果】

10

【0006】

ドライエッチングされた圧電材料は、マスクの膜厚分布を反映した三次元形状に加工される。圧電材料との関係でマスク材料を選択して圧電材料、マスクの加工速度比を調節し、或いは反応性の低いガス組成から圧電材料に対する選択反応性の高いガス組成に切り替えながらドライエッチングするとき、マスクの膜厚分布を増幅させた三次元形状にも加工できる。大面積の圧電材料であっても、複雑で任意の形状への加工が容易である。しかも、ドライエッチングによる加工であるため、結晶欠陥の原因となる歪みの導入や異物の混入がなく、面内方向の質量分布がニーズに応じて制御された高品質の圧電素子が得られる。

【0007】

振動エネルギーが質量に依存する特性を示す圧電素子では、予めニーズに対応した面内質量分布を適正化して電極を配置するとき、電気エネルギーから機械振動エネルギーへの効率的な変換が促進される。そのため、大きな負荷がかかる吸着物の測定、外界への振動の伝播等の目的に対応した優れた振動子を実現する上で、質量分布を三次元的に整形する加工技術が重要である。

20

【0008】

機械加工、レーザ加工によるとき加工自由度は高くなるが、大半の圧電材料は脆性材料であり、加工時の熱で結晶構造が変化する虞もある。そのため、高品位振動子の作製に適した加工法が要求される。この点、加工時に機械的、熱的な応力の導入がないドライエッチングによるとき、結晶構造に悪影響を与えることなく圧電材料を目標とする三次元形状に高精度加工できる。ドライエッチング法は、他の方法に比較して、小型化、大量一括生産にも適している。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

コンベックス型水晶振動子マイクロバランスの加工を例にとって本発明を具体的に説明する。

先ず、被加工基板11（圧電材料基板）に加工速度比増幅膜12を介しマスク13を形成する（図1A）。増幅膜12は、被加工基板11と加工速度が異なる無機質金属、セラミックス等から成膜され、ドライエッチングによる被加工基板11、マスク13の加工速度比を調整するために必要に応じて設けられる。

【0010】

40

フォトリソストから成膜されるマスク13では、たとえば圧電材料基板11にフォトリソストを塗布した後、周縁部に照射される光量が中央部より少なくなる条件下でレジスト膜を露光し、現像することにより、厚膜の中央部から周縁部に向けて薄くなる膜厚分布をもつマスク14に整形できる。圧電材料（被加工基板11）に比較してフォトリソスト製マスク14のエッチング速度は一般的に低いので、通常条件下のドライエッチングで形成される凹凸が浅くなる。

【0011】

より立体的な形状の転写が要求される場合、錫、低融点ガラス、フリット等、低融点の無機質金属やセラミックスをリフローすることにより、被加工基板11に比較して加工速度が低いマスク14を形成する（図1B）。マスク14は、フォトリソスト製マスク13の

50

上に積層しても良い。

【0012】

別な基板に予め形成した精密型15をマスク13に圧着し、膜厚分布が制御されたマスク14に整形する方法も採用できる(図1C)。精密型15を使用する場合、マスク13に対向する精密型15の作用面に剥離紙16を敷き、整形されたマスク14から精密型15の分離を容易にすることが好ましい。

リフロー、精密型15の圧着何れによる場合でも、厚い中央部から周縁部に向けて徐々に薄くなる膜厚分布をもつマスク14に整形される。

【0013】

膜厚分布が制御されたマスク14を設けた被加工基板11をドライエッチングすると、マスク14の膜厚分布が反映された形状(図1D)に被加工基板11の表面層が加工され、目標形状(図1E)をもつ圧電素子素材17が得られる。 10

被加工基板11に転写される三次元形状の凹凸は、被加工基板11とマスク14の加工速度比調節によっても制御される。たとえば、ドライエッチングでは、被加工基板11を選択的に加工又は脆弱化するラジカル等の供給源としてPFC(パーフルオロカーボン)、SF₆、塩素、ヨウ素系のガス(以下、選択反応性ガスという)と選択性のない物理的エッチング作用を呈するAr、Kr、Xe等のガス(以下、非選択性ガスという)が使用されるが、選択反応性ガスと非選択性ガスの比率を変えることにより加工速度比を制御できる。或いは、プラズマ発生の投入パワーによっても加工速度比が制御される。 20

【0014】

たとえば、整形されたフォトレジスト製マスク14をドライエッチングする途中で、非選択性ガスの多いガス組成から選択反応性ガスの多いガス組成に切り替える。非選択性ガスの比率が高いドライエッチングでは、マスク14の膜厚分布が被加工基板11に転写される。選択反応性ガスの比率が高いドライエッチングでは、被加工基板11が優先的にエッチングされる。その結果、マスク14の膜厚分布が増幅された三次元形状に被加工基板11を加工できる。 20

【実施例1】

【0015】

PZTを圧電材料基板11に使用し、ポジ型レジストをスピンコート法で塗布し、膜厚7μmのレジスト膜を形成した。濃淡のあるグレーティングマスクでフォトレジストを露光することにより膜厚分布が制御されたマスク14に整形した。整形されたマスク14は、断面が周期的なノコギリ歯形状になった膜厚分布をもっていた。 30

次いで、反応性ドライエッチングによりマスク14の膜厚分布を被加工基板11に転写した。SF₆をエッチングガスに用いて10Pa以下の減圧雰囲気中でドライエッチングしたところ、フォトレジスト、PZTの加工速度比は0.2程度であり、PZTの加工速度は0.1~0.2μm/分であった。その結果、1μm程度の周期的なパターンをPZTに転写できた。

ドライエッチングされたPZTに電極をパターンニングし、電圧を印加すると、基板上の微小物体を一定方向に運動させることができた。

【実施例2】

【0016】

圧電材料基板11に水晶を使用し、ポジ型レジストをスピンコート法で塗布し、膜厚4μmのレジスト膜を形成した。レジスト膜をパターンニングしてコンベックス形状に整形した後、熱処理を施した。熱処理では、加熱温度を徐々に上げることによりレンズ形状にレジストをリフローさせることにより、膜厚分布が制御されたマスク14とした。 40

【0017】

次いで、反応性ドライエッチングによりマスク14の膜厚分布を被加工基板11に転写した。SF₆、Xeの混合ガスをエッチングガスに用いて10Pa以下の減圧雰囲気中でドライエッチングしたところ、フォトレジスト、水晶の加工速度比は0.3程度であり、水晶の加工速度は0.4~0.6μm/分であった。その結果、マスク14のレンズ形状を倣 50

った三次元形状に水晶を加工できた。

マスク14のレンズ高さを $1.6\mu\text{m}$ 程度にすると、振動特性が大幅に向上した圧電素子が得られ、未加工時に比較してQ値が2倍以上も高くなった。作製された圧電素子では、副振動も一桁近く低減されていた。

【実施例3】

【0018】

圧電材料基板11に水晶を使用し、ポジ型レジストをスピンコート法で塗布し、膜厚 $4\mu\text{m}$ のレジスト膜を形成した。レジスト膜をパターンニングしてコンベックス形状に整形した後、熱処理を施した。熱処理では、加熱温度を徐々に上げることによりレンズ形状にレジストをリフローさせることにより、膜厚分布が制御されたマスク14とした。

10

【0019】

次いで、 10Pa 以下の減圧雰囲気中で反応性ドライエッチングすることによりマスク14の膜厚分布を被加工基板11に転写した。エッチングガスには、 SF_6 、 Xe の混合ガスを用いた。エッチング初期に混合ガスの組成比を $\text{SF}_6 : \text{Xe} = 9 : 1$ として3分間エッチングすることにより、マスク14のコンベックスと水晶板との境界に高さ $1\mu\text{m}$ の斜面を形成した。その後、ガス流量制御装置で数秒以内に組成比を $1 : 1$ に変更したところ、加工速度比が $0.4 \rightarrow 0.2$ 、水晶の加工速度が $0.4\mu\text{m}/\text{分} \rightarrow 0.2\mu\text{m}/\text{分}$ 以下と大幅に低下した。加工速度比、加工速度の低下に伴い、マスク14/水晶板の境界が緩やかな勾配をもつ斜面に整形された。

作製された圧電素子は、中央部に付与された曲面分布のため、共振周波数の鈍化が抑制された素子として使用できた。

20

【産業上の利用可能性】

【0020】

膜厚分布が制御されたマスク14を設けた圧電材料基板11をドライエッチングしているため、従来の湿式エッチング—機械研磨に比較して目標三次元形状に高精度で加工でき、中央部に大きな質量を分布させることも容易である。このように加工された圧電材料から作成される圧電素子は、質量負荷に対する振動が安定しているので、極微量のバイオ、化学物質を検出する分子認識センサ等を始めとして広範な分野で使用される。

【図面の簡単な説明】

【0000】

30

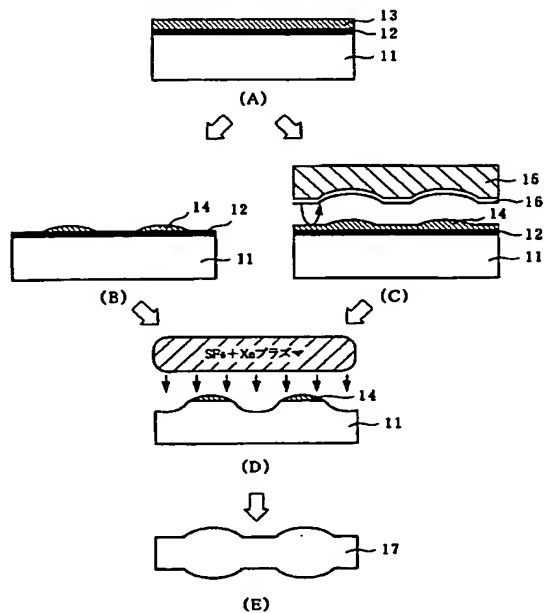
【図1】圧電材料を三次元加工する工程のフロー図

【符号の説明】

【0000】

11 : 被加工基板 (圧電材料)	12 : 加工速度比増幅膜	13 : マスク
14 : 整形されたマスク	15 : 精密型	16 : 剥離紙
		17 : 圧電素子素材 (加工後)

【図 1】



【手続補正書】

【提出日】平成15年5月21日(2003.5.21)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図面の簡単な説明

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図面の簡単な説明】

【図1】圧電材料を三次元加工する工程のフロー図

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】符号の説明

【補正方法】変更

【補正の内容】

【符号の説明】

11 : 被加工基板 (圧電材料)	12 : 加工速度比増幅膜	13 : マスク
14 : 整形されたマスク	15 : 精密型	16 : 剥離紙
		17 : 圧電素子素材 (加工後)

フロントページの続き

Fターム(参考) 5F004 CA01 CA02 DA00 DA04 DA18 DA23 DB03 DB13 EA08 EA27
EA37